行政院農業委員會農業試驗所
ISSN 1017-0863

技術服務

- 輪作制度的起源、歷史、意義與範圍
- 玉米收穫時不同葉位反射光譜差異之初探
- 利用影像處理進行作物性狀測量分析
- 酸桔醬之製造方法
- 害蟲生物防治的先鋒—草蛉

44
89年12月出刊

陳總統在農委會陳主委的陪同下蒞臨本所巡視，由本所林所長為陳總統解說農業研發成果，並主持本所水稻臺農七十一號命名儀式。

統一編號
025268890022

<農業化學>
01 輪作制度的起源、歷史、意義與範圍——譚增偉、王鐘和

<作物生理>
04 玉米收穫時不同葉位反射光譜差異之初探——夏可強　楊純明

<農業統計>
08 利用影像處理進行作物性狀測量分析——呂秀英　魏夢麗　呂椿棠　陳烈夫

<農產加工>
11 酸桔醬之製造方法——陳邦華　陳烈夫　周廷弘　劉慧瑛　廖明章

<植物保護>
13 害蟲生物防治的先鋒—草蛉——余志儒　羅幹成

<農業統計>
15 如何建立一個良好的農作資料庫——魏夢麗　呂椿棠　呂秀英

<園藝作物>
20 豇豆遺傳資源——楊偉正　蕭吉雄

封面說明：

本所新育成水稻臺農七十一號（益全香米）品種，產量穩定，粒型大，白米外觀短圓飽滿，晶瑩剔透，米飯黏彈性高，食味好，口感佳，具有濃濃的芋頭香味，已正式推廣予農民種植。

◎圖／文　農藝系李長沛

編　　者／行政院農業委員會農業試驗所
發 行 人／林俊義
總 編 輯／陳炳輝
執行編輯／楊舜臣、陳盈佑
發 行 所／行政院農業委員會農業試驗所
地　　址／台中縣霧峰鄉萬豐村中正路189號
網　　址／http://www.tari.gov.tw
電　　話／(04)3302301
展售書局／
三民書局／台北市重慶南路一段62號　(02)23617511
正中書局／台北市衡陽街20號　(02)23821394
五南文化廣場／台中市中山路2號　(02)2260330
新建圖書廣場／彰化市光復路177號　(04)7252792
青年書局／高雄市青年一路141號　(07)3324910
印 製 者／榮裕實業股份有限公司
台中市南區大慶街二段20號
電話：(04)2624469・2618008
工 本 費／NT 10 元
行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第8276號
中華郵政中台字第0759號執照登記為雜誌交寄

當今農業對輪作制度應有的認識(一)

輪作制度

的起源、歷史、意義與範圍

◎農試所農化系　譚增偉　王鐘和

一、前　言

農委會爲調整國內作物產銷，以因應國內加入世界貿易組織（WTO）對國內作物生產之衝擊，自民國八十七年度起至九十年度止推行「水旱田利用調整計畫」，輔導稻田、蔗田及雜糧田等輪作綠肥或地區性特產，期以更開闊的國際宏觀角度，重新調整國內傳統稻米、雜糧及蔗糖之產業結構，建立前瞻性與永續性的農業體制，以確保國家糧食安全、符合世界貿易組織規範、維護農地永續利用及有效保障農民權益。顯然，未來產業結構的調整，必涉及耕作制度的變化，其中有關輪作制度的利用，有必要作一深入的了解，以明瞭其對土地利用及農業生產的永續影響。

二、輪作制度的起源與歷史

輪作制度的施行，或謂在同一塊土地上，連續種植一序列不同物種的作物方式，在歷史上已存在了數千年之久。此種制度的發展，早年主要因在此措施下，人類對土壤生產力（soil productivity）的經驗而來，依MacRae和Mehuys的報告，早在3000年前的中國漢朝時代就有輪作的施行，早年的農業家，從連續栽種同種作物的方式下得到低產的經驗，因此，在早期歷史上，人類就已意識到爲了維持土地生產力，作物輪作制度是必須的，但其中理由安在，卻未必了解。在古羅馬時代，曾依地力的不同，而制定了四種不同作物順序的輪作制度，其中的每一種均包含了豆科作物，即彼時的輪作是在豆科－穀類作物系統下。在紀元前第一世紀時期，義大利的農業亦注意到在耕作系統中綠肥作物尤其是豆科植物的重要性，後隨羅馬帝國的崩潰，作物輪作制度亦漸式微，反而更回到更古老的作物－休閒系統（crop-fallow system），此系統在整個中世紀盛行甚久，到了18世紀則流行英國的諾福克輪作制（Norfolk rotation）及其它類似制度，此制度主要在以4年爲週期的蕪菁－大麥－苜蓿－小麥作物順序制，彼時的想法，認爲輪作中的每一種作物從土壤中不同的根域位置或部位得到它所需要的養分，這種認知被用來解釋爲什麼一序列順序不同作物的產量會比一年又一年種植單一同種作物的產量爲高。至於美國最早期的農業，深受英國及蘇格蘭移民的影響，亦盛行類似的輪作制度，到了十九世紀，已發現豆科植物能同化和利用空氣中的氮素，此加強了輪作制度中豆科植物的應用，並証實耕作系統中豆科植物所固定的氮素對後作有益，此至少構成作物輪作制度中優點的部分理由。此一發現，使輪作制度盛行於二十世紀早期，在美國喬治亞州，在玉米、牛豆（cowpea）、燕麥（oat）和棉

作者：譚助理研究員增偉
聯絡電話：(04)3302301轉408

花的輪作系統下，棉花的增產可達100%，且在連續輪作下均能維持生產力的增加。在19世紀末及20世紀早期，特殊耕作系統的選擇主要依農耕者個人的需要，作物對特殊地區的適應力以及氣候的限制，此時期作物輪作的基本需求，不論地區，一是豆科植物的需要以供給後作氮素，一是不同綠肥作物以用來維持土壤的肥力。

在第一次世界大戰前的耕作制度改變較少，但第二次世界大戰後，由於化學肥料的大量產生及便宜，尤其是氮肥的供給，這減低了豆科植物的輪作需求，但在家畜系統的耕作制度是例外，因需要豆科作物作爲飼料來源。因此，在氮肥有效度的增加，殺草劑的控制雜草，及農藥對蟲害、疫病的控制下，減少了原廣泛輪作制度的利用。這些改變，導致單一作物的集約耕作的盛行，如美國的玉米帶，並因而達到增產效果，這其中作物品種的改良亦是增產的主因，雖然如此，此一耕作制度對環境的衝擊漸爲人重視，如有機質含量的減少，土壤構造的劣化，土壤沖蝕的增加，投資的增加，表面和地下水的污染。非利用輪作制度的長期影響並不清楚，但明顯的，大量的投資，能源的耗損，合成化學藥劑的使用是否能永續替代則值得深思。目前輪作制度在美國並沒有被放棄，大約20%的玉米是在連作系統下，但其它的80%是生長在以2年爲週期的大豆輪作制度與苜蓿、棉花、乾豆或它種作物作－2年或3年的輪作，這其中輪作的主要改變是涉及了牧草及綠肥作物。

導致輪作制度增產的許多因子，過程和機制至今尚未完全了解。其中增加氮的供給，土壤養分的有效度、土壤構造、土壤微生物活性，以及雜草控制、蟲害壓力和疫病減少，來自作物殘體的植物毒質(phytotoxic compounds)和生長促進物質(growth-promoting substances)的產生，這些都被証明是構成增產的因子，但目前爲止，沒有任何化學肥料或農藥的應用能完全負擔或解釋輪作制度的影響，而這些個別因子的分析，一般並不能解釋與輪作有關的整個產量效應。與輪作制度有關的因子是如何的產生作用，並貢獻至今尚未定義的〝輪作的影響〞(rotation effect)，顯然仍然是未來的一大挑戰。

三、輪作制度的意義與範圍

輪作制度的意義必須與其相對的連作制度及其他有關的耕作制度相提並論，才能相得益彰。「連作」(continuous cropping) 一詞在農業耕作制度上是指在同一土地上經年重複種植相同作物而言。廣而言之，同一土地在種植相同作物期間，種植綠肥作物或休閒者，仍被視爲連作。連作最大益處是增加土地利用率，減低耕作成本，提高利潤。但同一作物連作日久，弊病即生，明顯之特徵即產量降低。有關連作導致減產之問題，中外皆然。早期研究結果均歸因於土壤肥力之耗損，養分之涸竭，或土壤構造之變壞。然由於連作導致土壤物理及化學性質之改變,常干擾土壤微生物，包括土壤病原菌(soil-borne-pathogens) ，彼此之交互作用。因此，連作之結果，往往造成所謂「土壤疲乏」(soil fatigue)，而土壤疲乏之形成係因連作引起土壤中養分不平衡，誘發微生物相改變及土壤病蟲害，或有毒物質之積聚。有毒物質是來自作物根分泌物，作物殘體分解產物及微生物代謝產物。毒質之積聚與作物種類及微生物活動均有密切關係。本省糖研所過去對本省連作蔗田生產力減低之理論與改進曾有詳細之研究報導，連作蔗田低產主要原因係宿根萌芽不良生育受阻所致，此現象與宿根根圈眞菌生態不平衡所形成之優勢菌 *Fusarium oxysporum*及 *Trichoderma harzianum*分泌代謝毒物有關，而秋植甘蔗生育受阻應歸因於甘蔗殘體刺激土壤中上述優勢菌大量繁殖，此等眞菌分泌代謝物質毒害甘蔗所致。

複作制度(multiple cropping)是集約栽培作物的一種方式，廣義而言，是指在同一塊耕地上，在一年內，按一定順序，種植二種以上作物，這是目前開發中國家傳統的栽培制度，此種制度能夠充分利用耕地、陽光水分及土壤養分，將成爲未來極重要的作物栽培制度。雙作制度(double cropping)爲同一年內，依照順序種植二種作物。接續栽培(relay cropping)，爲在同一耕地上，連續栽種二種以上作物，而此兩種作物的生長期產生明顯重疊現象。宿根栽培(ratoon cropping)，即在作物收穫後，令其基部再萌發成植株的栽種方式，例如甘蔗和多年生牧草，再生稻等栽培方式。在美國，由於現行的栽培技術可有效地運用在其施行的單作制度上，因而忽略上述各種複作制度的重要性。間作制度(intercropping)係指同一季節內，同一塊耕地上，栽種二種作物，其栽種方式，可能在同一行內種植二種作物，或者隔行種植，二種作物呈現相互交錯排列，在低開發國家極爲普遍。複作制度的優點引述如下：

㈠集約栽培可充分利用陽光，雨水和土壤養分。
㈡因作物生長季節的延長和植物的覆蓋，可減少土壤被雨水沖蝕，以不整地栽培更佳。
㈢利用豆類與禾穀類作物的輪作，可節省能源的大量投入如氮肥。
㈣對整個耕作時期而言，作物生產極爲穩定，可獲得水準以上的產量，降低生產成本。

低開發國家農民採用複作制度的主要原因如下：

㈠作物種類多，有助於農民獲得食物營養的平衡。
㈡有效防止耕地雜草。
㈢可減少病蟲害的侵襲。
㈣促進全年農業勞力得到良好的分配和利用。
㈤促進熱帶地區農民，全年均可獲得糧食生產及經濟收入的來源。

對開發中國家而言，複作制度最能提供糧食的來源。在美國許多地區，雖然全年氣溫足夠實行雙作或增加多一季蔬菜等集約栽培，但複作制度並不普遍，所行之耕作制度多爲單一作物之集約栽培，或多年爲一週期的輪作制度。在未來，各種型式的複作制度(包括輪作制度) 可降低生產成本，保持水土及達到作物經濟生產等利益，如此可促使主要作物生產地區，獲得穩定而確實的產量或總生產量。

輪作制度自古以來即被認爲較優良且合理之耕作制度，主要是輪作系統中作物種類順序時常交替更換，而不同作物對養分需求各異，此恰可減低造成土壤養分不平衡之問題，維持良好之土壤理化性質。同時輪作本身更可避免因連作所發生之土壤病蟲害問題。因此，輪作制度常被視爲一種維持地力之耕作方式，一般農民樂於採用。但是，若從土壤學與作物生理學之觀點而言，輪作制度並非一定能夠維持地力或對作物有利。一個優良輪作系統必須依賴前後作順序組合適當與否而定。換言之，前後作組合不當，常導致前作收穫後因土壤養分收支不平衡、土壤病蟲害滋長或前作殘體分解產物而抑制後作生長。此外，前作水田耕作方法，常導致土壤構造劣化，磷有效度降低，犁底層密度增加，對後作雜糧生長極爲不利，此方面問題鮮爲人所重視，相關之研究亦甚少。本省即將加入世界貿易組織，廣大之水田亦將面臨利用調整的問題，爲配合政府推行之稻田轉作及水旱田調整政策，稻田到底應當轉作那些作物最理想？是值得重視的問題。我們除考慮作物之經濟價值外，前後作之組合順序亦不容忽視。

玉米收穫時不同葉位反射光譜差異之初探

◎農試所農藝系　夏可強[1]　楊純明

本項研究報告旨在初探玉米臺農三號收穫時不同葉位反射光譜曲線之差異，以瞭解不同老化程度對葉片反射光譜之影響，並以評估利用反射光譜鑑識葉片老化行爲之可行性。根據初步試驗結果，葉齡較老之下位葉反射光譜曲線有低於葉齡較輕之上位葉反射光譜曲線的趨勢，尤以最下位老葉呈現明顯差異。顯見葉齡高低可由反射光譜曲線予以判別，而外觀呈現清晰老化徵狀之下位葉片反射比顯著低於年輕之上位葉片者。再經深入分析反射光譜曲線，發現玉米葉片反射光譜曲線之不同波段對老化的反應不一，以740-1800 nm波長範圍出現較明顯的葉齡落差，即老化程度愈高反射比值愈低。又由740-1129 nm波段反射比平均值比較，更顯示出隨著葉齡增加而下降的趨勢；此外，875 nm、1129 nm及1797 nm等單一波長的反射比值，亦有類似遞減情形。上述結果，說明了玉米葉片的反射光譜確會因爲年齡的不同而有差異，具有利用於鑑識老化行爲的可行性。

一、前　言

全球玉米年總產量約四億餘公噸，僅次於小麥，爲第二重要穀類作物。臺灣飼料用玉米年產約28萬公噸，食用玉米亦達11萬公噸，乃最主要之雜糧作物。玉米可分別作爲人類主食、畜牧飼料、工業原料及種子等多元用途，中國北方所稱的『窩窩頭』就是著名玉米產品之一例。玉米也是先進國家和我國最大宗畜牧養殖之主要飼料，近年來隨著國內畜牧產業的快速發展，每年皆須由國外進口約435萬噸，價值高達150餘億元。在工業上玉米可加工製成玉米澱粉、玉米油、酒精、溶劑、去污劑等，其穗軸可研製成添加物及肥料等，由此可知玉米用途的多元性。

臺灣農業的未來發展將朝著精緻農業、精準農業、休閑農業、及永續農業等大方向進行，注重產業的多樣性及產銷均衡。依照此一農業情境發展，將需要再提升農業生產技術，並採取適當的生產管理工具精確的掌握與監測產業的生產過程。以農作物生產而言，即需要全程掌控農作物生育狀況，施予精準的管理，才能由「生產規畫」晉升至「規劃生產」層次。其中，遙測科技結合生產知識與技術是一種有用有效且可行的生產管理方式，非僅能夠精確的監測大面積農作物生長狀態，亦能提供及時而精準的現況資訊，而給予最適切的因應管理措施。如此一來，農作物生產系統將可兼具預警及預測雙重功能，從質與量上全面的追蹤與管理，這也是所謂『精準農業』的精髓所在。

當農作物外觀物理徵狀因生育進展、病蟲源感染或環境變異而改變時，除了肉眼辨識之外，亦能利用感測元件予以遙感探測，獲得確實且客觀的現況資訊。舉例來說，農作物自種子發芽、植株生長、開花結實、至成熟老化等各階段，外觀徵狀反應出生理、生化及形態上的綜合結果而顯示多樣多彩的變化；當農作物受到病、蟲侵害後，體表可能出現受害引起的斑點線條等異常外觀；由於缺水或土壤營養元素缺乏，農作物植株可能呈現萎凋枯黃等徵狀。這些外觀徵狀的改變將影響農作物的光學特性，使得其反射光譜展現各種變化，出現不同的光譜特徵。吾人即可利用此一光譜特徵差異，判別農作物的生育進展，監測病蟲危害，以及鑑識環境變異。

本項試驗乃在偵測兩不等株齡之玉米植株不同葉位上葉片反射光譜，分析光譜曲線及光譜特徵，藉以探討老化效應對光譜之影響，本文並將討論以反射光譜鑑識葉齡之可行性。

二、試驗方法摘要說明

在位於臺中縣霧峰鄉行政院農業委員會農業試驗所農場一玉米田內，於收穫前選取飼料玉米臺農三號(*Zea mays* L. cv. Tainung 3)不等株齡植株兩株，植株B老化程度高於植株A。植株A有七片葉，最上位三片葉外觀正常，自第四位起出現不等老化程度，尤以第七位葉片爲然；植株B有五片葉，自第二位葉起出現不等老化程度，其中第四及第五葉位有高枯黃百分比。惟植株A之第六位葉及植株B之第五位葉因故資料無法讀取，未列入光譜資料分析。

葉片反射光譜之偵測係以輻射光譜儀(model GER-2600, GER Corp., New York, USA)爲之，波長範圍350-2500 nm，量測葉片之反射光輻射。該輻射光譜儀以標準白版所量測之反射光輻射爲參考值，於量測每一葉片之前量測之，以計算葉片之反射比光譜(簡稱反射光譜)。輻射光譜儀之感測鏡頭爲10度FOV(field-of-view)，水平置於固定葉片垂直上方約0.2 m處偵測不同葉位之葉片反射光輻射。偵測時間爲上午10:30至11:30之間，並避免陰影之影響。

三、結果與討論

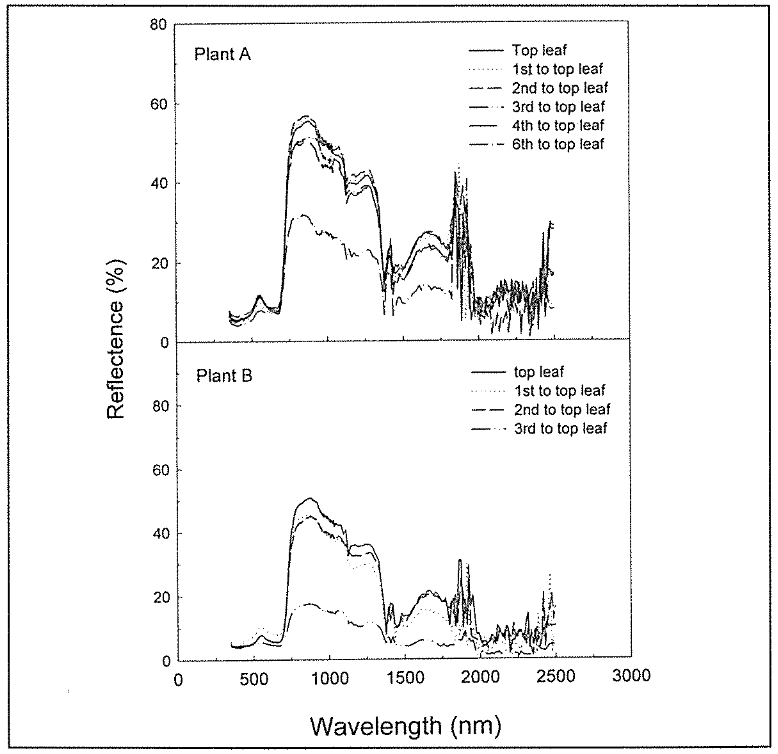
由於植物葉片光學性質係由其化學成分、色素組成及組織結構等共同決定，因此將隨著生育進展而異，也視葉片老化程度而改變，可以預期不同葉位(葉齡)的玉米葉片反射光譜將有不等的差異。圖一係各葉片在不同波長的反射比曲線，呈現典型綠色植物反射光譜圖形，在紫外光(350-400 nm)及可見光(400-740 nm)波段具有低反射比，在近紅外光(740-1300 nm)及短波紅外光(1300-2500 nm)波段則具有較高反射比。短波長而高能的紫外光極易穿透葉片，也被葉片色素及組織吸收，故反射比甚低；可見光的能量

1 國立中興大學植物病理系二年級學生，2000年7月3日至8月3日在行政院農業委員會農業試驗所農藝系作物逆境研究室實習，本文爲其實習成果報告。

作者：楊副研究員純明
聯絡電話：04-3302301轉135

適中，恰爲綠色植物色素(如葉綠素a、葉綠素b、胡蘿蔔素等)的主要吸收波長，有極高的吸收比；長波長而低能量的近紅外光及短波紅外光無法利用於光合作用，僅參與植體熱能交換，並因細胞與組織結構而有較高反射比。由圖一顯示，反射光譜曲線有隨著葉位下降(即葉齡增加)而遞減的趨勢，尤其已出現明顯枯黃與褐斑的老化葉片爲然。在株齡較小的A植株，自第四位葉起有較顯著的老化徵狀，特別是最下位葉(第七位葉)更有低於30%的綠色面積；株齡較大的植株B僅餘五片葉，自第四位葉起有明顯老化徵狀。顯然的，葉片反射光譜曲線可以反應出葉片老化現象，當葉片出現諸如褐斑或黃化等老化跡象時，反射光譜曲線將有顯著差異。

經進一步分析光譜特徵後，發現由740-1129 nm波段反射比累計值(資料未列出)或平均值，均可以顯示葉位上的差異。在單一波長反射比方面，875、1129、及1797 nm等三波長之反射比亦有類似葉位上的遞減趨勢。由於植株B在相同葉位之反射比皆低於植株A者，且植株B同葉位的葉片均較老，顯見植株B老化程度高於植株A。因此，利用上述波段及三條單一波長之反射比，吾人可以陳列葉片年齡由年輕到老所表現出來反射比由高到低的現象。惟尚未出現較明顯老化徵狀之相當年齡上位葉片，其光學性質尚未顯著改變而未有明顯反射比差異，故不易由此辨識。玉米植株由發芽、成長、抽穗、吐絲、成熟至老化將經過許多生育階段，可預

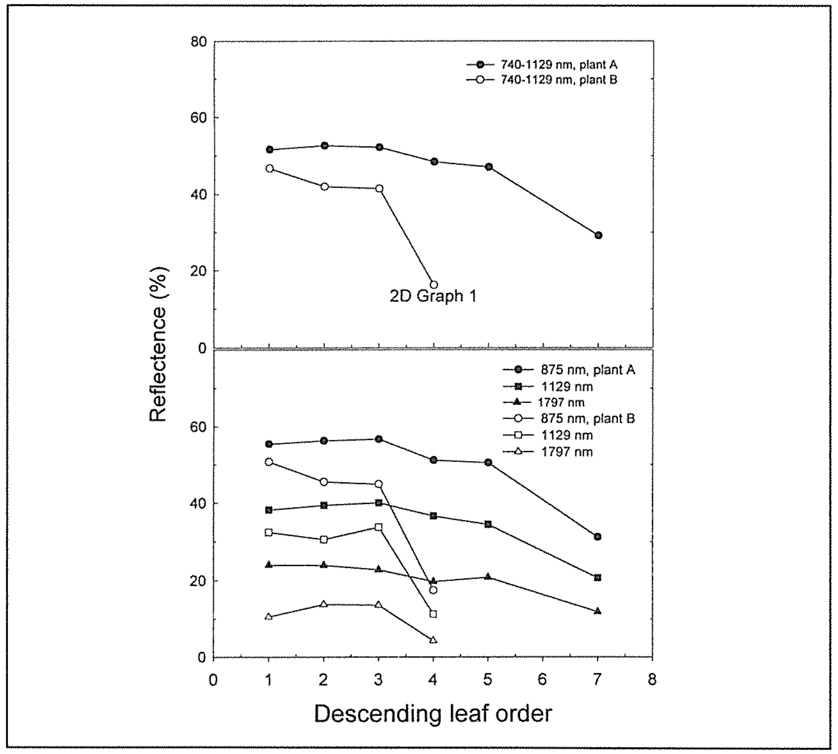


圖一、收穫時玉米植株不同葉位之葉片反射光譜曲線(350-2500nm)

見個別葉片反射光譜將隨著葉齡增加而改變，同時不同株齡葉片亦可能具有不等的反射光譜，究竟反射光譜在葉齡之間及株齡之間有何異同，則仍待進一步探討。若能建立葉片全生育期間光譜資料庫，不僅將有助於瞭解老化對葉片光學性質的影響，更能利用於諸如生育階段區分、生長管理、作物類別及品種鑑別等多樣用途。

四、結　語

根據本項試驗結果，葉片反射光譜將可利用於老化現象的鑑識及葉齡與株齡的判別，無論從光譜曲線或光譜特徵均可呈現老化程度的差異。此一結果在田間大面積的作物植被上，或可延廣利用於生育進展的追蹤及生長良窳的監測。當偵測作物植被出現異常老化現象時，即可深入去探求異常原因，是病蟲害感染、是缺水引起、抑或是缺乏養分造成……等，儘速而及時解決問題。本人由此試驗獲得許多寶貴經驗，也深深了解到自然的奧妙。自然界物質的不同，不僅止於化學組成分，物理性質及對於物理性的刺激反應與表現也有所不同。身爲植病系的學生，兩年來本科系相關所學之中，對於病蟲害的鑑定都是以顯微鏡爲主，再加以生物化學的方式爲輔，從未想過以物理的光譜來做鑑定與判識。雖然其準確性有一定的範圍與限制，但是卻有低污染、快速和時效的諸多優點，眞是不經一事不長一智。



圖二、收穫時玉米植株不同葉位之葉片反射光譜曲線波段740-1129nm平均反射比及單一波長875、1129及1797nm反射比

利用影像處理進行作物性狀測量分析

◎農試所農藝系　呂秀英、魏夢麗、呂椿棠
農場室　陳烈夫

一、前　言

最近幾年影像處理技術已逐漸使用於農業自動化研究，研究者開始利用此項技術取代肉眼觀察。對於一些作物性狀測量，例如葉片面積，就可以利用影像處理正確而快速獲得。

建立影像處理系統，首先利用數位相機將作物影像擷取下來或利用掃描器將作物相片掃描存檔，然後對影像進行測量分析。針對影像測量分析的方法，市面上已有現成的影像測量分析軟體(image measurement software, 如Jandel公司所開發的SigmaScan Pro)可資利用，除了計算影像物體面積以外，還可以用來分析物體的長度、形狀等等，而毋須額外再編寫計算程式。

影像測量分析軟體和一般的影像處理軟體(如PhotoImpact、Photoshop等)不同，它的主要功能在有效且快速提供影像分析與測量，而不單只是影像編輯工具而已。以SigmaScan Pro爲例說明，該軟體可在Windows 98/NT上執行，支援的影像格式有TIFF、TGA、BMP、PCX、及GIF等，能直接透過掃描器、數位相機或光碟機等介面輸入，色階格式有16位元、24位元、32位元，可做飽和(saturation)、門檻值分界(thresholding)等校正之影像處理、移除及過濾不必要的物件，計算44種影像測量功能，如面積，周邊長、長軸、短軸、角度等，能提供數學轉換語言共有50餘種函數。因此頗適合於一般作物性狀測量工作之應用。

結合數位相機和影像測量分析軟體的影像處理技術，爲提供農業研究者進行作物性狀測量最佳的解決方案。現舉出幾個實例來說明此技術在作物測量分析上的應用情形及其效果。

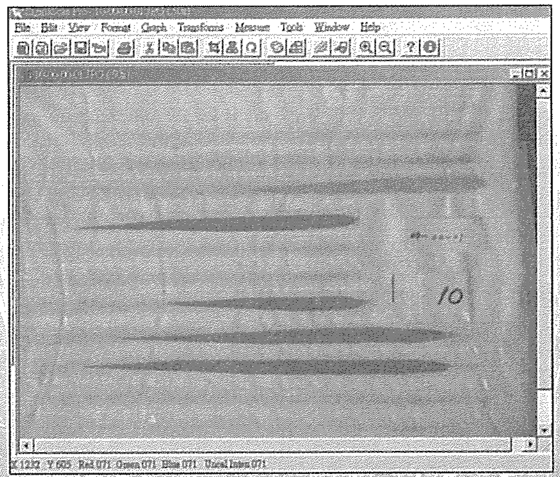
二、葉片面積及長寬測量

如圖一所示之水稻葉片，由於水稻葉片在摘下後很容易因水份蒸散而導致葉片捲曲，早期利用葉面積測量儀仍未能有效且準確測量，況且葉寬亦不易準確測量，故仍有盲點存在。爲避免葉片捲曲，現今可將葉片平鋪並黏貼於畫有已知刻度標記的白色壓克力板上，以數位相機將葉片攝影存檔，然後利用SigmaScan Pro讀取影像並測量各葉片的葉長、最大葉寬及葉面積。但須注意在取像之前，一定要在影像旁放置一個已知刻度標記的物體，如圖中的3公分線條，並同時將該物體攝入影像中；測量作物影像之前，首先檢測該刻度標記在畫面上顯現的長度，藉此系統可以估算出計算值與實際值間的比例關係，以進行影像校正，將從畫面所測得之葉片面積自動換算成實際的葉面積。圖中塡滿紅色部份的葉片，表示該葉片的面積正在被測量分析；而另一葉片利用兩點間連線距離，可自動估算出葉長及最大葉寬。面積的測量可選擇兩種方式，其中最快速簡單的方法是利用物體和背景的色差進行影像的分割以計算物體面積，但若是色差對比不足及外形輪廓不夠完整，容易產生雜訊，造成計算上的誤差，因此圖中採用白色壓克力板作爲葉片背景之目的即在降低雜訊的產生；若是葉片影像與背景分割不夠清晰，也可以利用描繪輪廓的方式，系統也會自動計算輪廓內的面積。

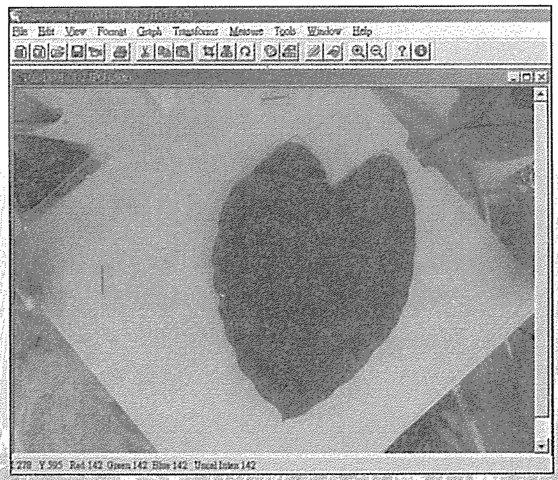
利用影像測量分析軟體較早期的印畫方格法、印畫重量法、葉面積測量儀等之傳統方法，不但能更快速且準確地計算出葉片的面積，同時其所測得的數值與傳統的葉面積儀所得者之間的相關係數亦高達0.98；而利用電腦將葉片影像予以建檔永久保存，有利於重複測量，也是運用影像處理技術於葉片性狀調查的優點之一。

三、葉片形狀分析

如圖二所示之水芋葉片，這是在田間操作的非破壞性取樣，目的在檢測芋葉在生長發育過程中的形狀變化。可以將芋葉平鋪於白色壓克力板上，並輕輕利用一塊透明壓克力板覆蓋在芋葉上，使芋葉開展更爲平直，再以數位相機將葉片攝影存檔。然後，利用SigmaScan Pro讀取影像並檢測各葉片的葉長、最大葉寬、兩葉基之距離、葉尖角度、葉基下凹頂點角度、葉基弧長及曲度等，作爲水芋葉形的特徵性狀。這些數位資料，可以提供進一步的葉形分析，例如建立葉形指數、葉片發育方程式、性狀間之相對生長函數等。利用影像處理，可以不損傷葉片就能順利且快速地追蹤測量出葉片形狀的生長變化。



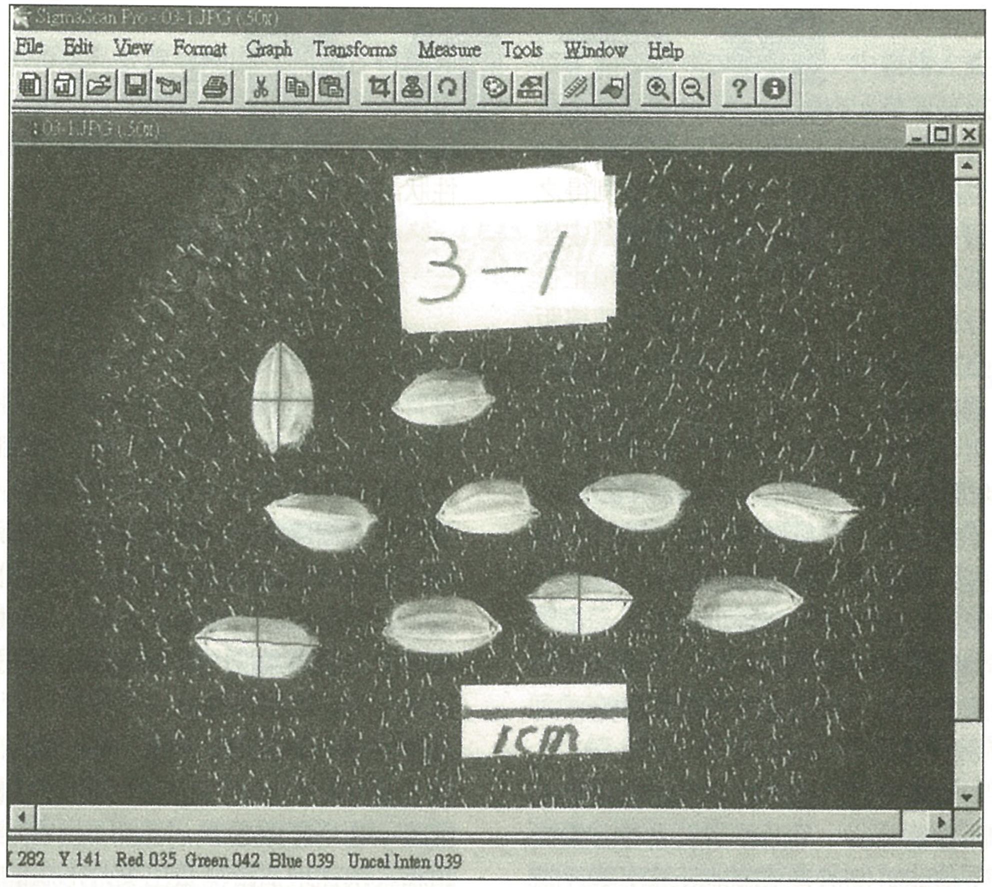
圖一、利用SigmaScan Pro影像測量分析軟體計算水稻葉片的面積及長寬。



圖二、利用SigmaScan Pro影像測量分析軟體分析水芋葉片形狀。

作者：呂研究員秀英
聯絡電話：(04)3302301轉125

影像處理・影像處理・影像處理
影像處理・影像處理・影像處理



圖三、利用SigmaScan Pro影像測量分析軟體檢測水稻穀粒的長與寬

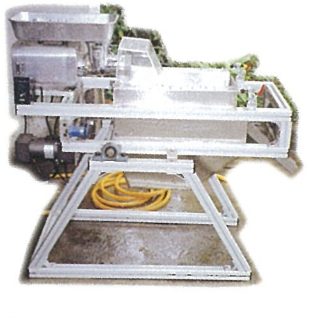
四、穀粒形狀測量

如圖三所示之利用SigmaScan Pro測量稻穀的粒長及粒寬。傳統上穀粒長寬的測量，是利用照相投影機將穀粒投影放大後，再用尺來測量。現在利用數位相機可以將穀粒影像一一存檔，並進而利用影像測量分析軟體讀取影像，先測量已知刻度標記（如圖中的1公分線條）進行影像校正後，再由兩點連線間距離計算出粒長及粒寬。同樣為使物體影像與背景間的色差最大，圖中穀粒下置黑色底盤。但由於數位相機僅能擷取平面二維影像，因此目前尚難以利用影像處理來測量穀粒的厚度。未來若能擷取立體影像，例如使用攝影機，或可獲得克服。

影像處理技術在農業研究上的應用，除了上述作物各項性狀的測量分析外，還有更廣泛的用途尚待研發和建立，例如檢測作物葉片和果皮的顏色變化、從葉片破損面積鑑定害蟲之危害程度、植物生態分類、農特產品之分級評定等。可預期的未來，影像處理技術在促進國內農業邁向高科技和高效能時代之目標過程中，將是不可或缺的一環。

影像處理．影像處理．影像處理

酸桔醬之製造方法



◎農試所農場室　陳邦華、陳烈夫　農工系　周廷弘
農化系　劉慧瑛　　關西工作站　廖明章

以整粒酸桔之果實去籽後製成之酸桔醬是一種具有柑桔芳香，酸酸甜甜，口味特殊的佐料食品，營養豐富，食用後有助消化，健胃、止咳，促進新陳代謝的功能，深受消費者喜愛，其成品每斤約100元。酸桔為芸香科柑桔屬常綠果樹，生長勢強，原產於中國大陸，200餘年前自廣東引進，夏初開花，果實秋天黃熟，扁圓形，果皮橙黃色，平滑，平均果重30公克，每果平均種子約15粒，果肉橙黃色，平均糖度約11° Brix，酸度3.33%，味酸不適於生食，宜加工利用。本省酸桔栽培集中於桃園、新竹、苗栗客家山區一帶，於柑桔園內零星種植，每年10月至次年1月採收，用以加工製成酸桔醬出售。

酸桔栽培容易，產量高，加工製成酸桔醬可帶給柑農一筆財富，惟酸桔醬之生產仍停留在利用農閒時期之人力進行人工剝皮、去籽之繁雜手續，無法大量生產，宜研究以機器代替人工剝皮、去籽、熬煮殺菌和裝瓶程序，以節省人工，增加農民收入，本所目前已研製完成果肉種籽分離機(圖一)，性能良好，值得推廣予農民使用。

茲將酸桔醬之製造和食用方法介紹如下：

一、原料選擇：選取果皮平滑呈橙黃色的果實為材料，以無病蟲害及碰撞腐爛者最適於加工，果實需充分清洗乾淨。如未能於當日加工完成者，可貯放於陰涼乾燥處或5℃低溫冷藏室內，以免果實腐爛品質變劣，經調查酸桔之果實特性如表一。

二、剝皮：以機器或小刀將果實環切至果肉，將果皮剝除，剝皮時注意勿太用力將果肉捏碎，果皮及果肉分別放置於桶內。

三、去籽：以去籽機將去皮之果實放入壓碎，將種子與果肉分離，每小時可處理80至100公斤之果實，是人工去籽的20倍，經調查果實內種子之百分比如表二。

四、第一次熬煮：將果皮和磨碎之果漿，分別熬煮殺菁，果皮加水約煮二小時，將其果皮所含之苦澀味去除，果漿煮開即可。

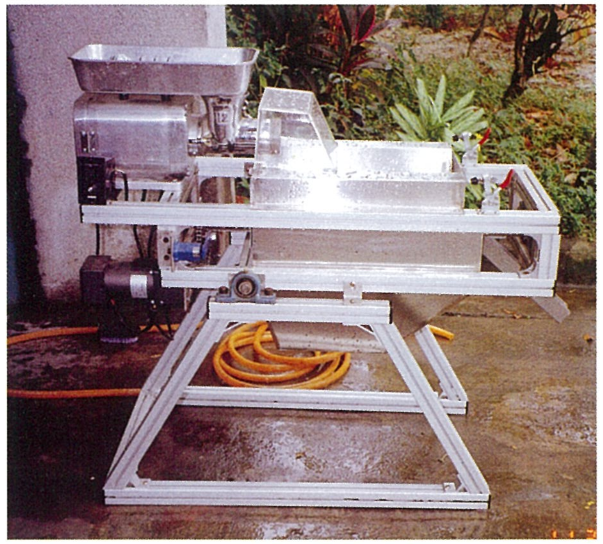
五、混合磨碎：將果漿和果皮混合加鹽或辣椒粉用磨漿機磨碎成黏稠狀，使呈黃色米漿狀，可視個人喜好加入蒜末粉、辣椒粉，作成辣味酸桔醬。

作者：陳助理研究員邦華
聯絡電話：04-3302301轉751

六、第二次熬煮：將磨成米漿狀的酸桔醬加熱煮開殺菌並調整適當鹹味，加鹽量約爲4.2%。

七、冷卻後包裝：將放置冷卻之酸桔醬裝於玻璃瓶中即爲成品，表三爲本所自製酸桔醬品質分析結果。

八、食用方法：酸桔醬作爲佐料用，沾食蘿蔔糕和白切雞、鴨、豬肉，也可拌飯和各種蔬菜，味道相當美味，另有一番風味。



圖一、酸桔種籽、果肉分離機

表一、關西及芎林兩地生產之酸桔特性資料

產 地	皮重 g	皮厚 mm	整粒重 g	種籽數	種籽重 g	高度 mm	寬度 mm	糖度 Brix
關 西	8.2	1.27	41.53	21	2.94	35.28	45.36	10.51
芎 林	7.49	1.9	36.34	22	2.53	33.22	44.12	9.37

表二、酸桔果實內種籽所占之百分比

產 地	整粒重 g	果肉種 g	種籽重 g	皮重 g	種籽重量 %
關 西	41.53	30.39	2.94	8.2	7.08
芎 林	36.34	26.32	2.53	7.49	6.96

表三、本所自製酸桔醬品質分析結果

成份	水分	灰分	抗壞血酸	PH	總可溶固形物	不溶固形物	可滴定酸度	水溶性糖	水溶性蛋白質	氯Cl
單位	%	%	mg/100g		Bx	%	%	%	%	%
平均值	87.86	3.62	5.38	2.67	12.2	1.11	1.28	4.64	0.43	0.83

害蟲生物防治的先鋒——草蛉

草蛉幼虫以人工飼料微膠囊飼養

◎農試所應用動物系　余志儒、羅幹成

一、前　言

草蛉爲農作物害虫之重要天敵，早爲世界各先進國家所重視與應用。目前本所在大量繁殖並提供虫害防治的種類爲基徵草蛉(*Mallada basalis* (Walker))，屬脈翅目(Neuroptera)草蜻蛉科(Chrysopidae)，是台灣地區常見的種類之一。根據國內外資料顯示，其幼虫能捕食葉蟎、粉蝨、蚜虫、潛葉蠅及介殼虫等多種體形較小的害虫，極具利用價值。台灣於百年前即有利用草蛉防治柑桔害虫的記錄，近幾年農委會與農林廳也在極力推廣。本所更成功研發人工飼料微膠囊及大量飼育的技術，可完全取代目前使用的食餌（外米綴蛾卵），終年穩定大量地生產草蛉，供給田間害虫防治之用。

雖然政府已有輔導應用草蛉於草莓、茶樹、網室木瓜、印度棗及多種有機栽培作物上，效果屢獲好評，但鑑於田間應用技巧與飼養技術要求較高，農民在實際操作上常有疏忽，導致有部份效果不彰的現象，特以本文就飼養與應用之觀念及注意事項再加說明，期使草蛉的功能再上層樓，對有心從事永續農業之生產者有所助益。

作者：余助理研究員志儒
聯絡電話：04-3302301轉603

二、觀念調整

(一)草蛉爲最佳先鋒部隊但非全能部隊：草蛉行動速度快，搜尋力強，食性廣，但也會因較老熟之小型害虫的反抗而容易放棄獵食。因此，草蛉獵食速度必須快於害虫繁殖速度才能發揮效果，亦即在害虫發生初期密度尙低時釋放草蛉最爲有效。若害虫族群以大量增殖，則須和其他天敵或防治措施搭配，方能予以抑制。

(二)草蛉不適用於傳統立足式生物防治：立足式生物防治是天敵經少次釋放後，任其在田間自然繁衍，進而達壓制害虫。但草蛉也有天敵，據記錄卵寄生蜂就至少有2種；其次，成虫產卵通常在食餌附近，以保其子代孵化後有食物吃，否則必飛往他處，爲要立足常反予害虫有喘息猖獗之機。另外，在自然狀況下，天敵族群之出現與高峰期通常比害虫較遲，此期間農作物之損傷可能已造成。這些因素都是傳統立足式生物防治不易成功的通病。

(三)草蛉可視爲生物農藥：由於人工飼料微膠囊與飼養技術之研發成功，可穩定大量生產草蛉且大幅降低生產成本。若區域性

『養殖中心』系統能運作正常，其供應之方便度可媲美一般化學農藥。

三、飼養注意事項

(一)養虫環境：溫度以25～28℃，相對濕度在60～75%之間最佳。濕度過高時虫體易得病，微膠囊會發霉，過低則微膠囊易乾扁，嚴重影響飼育效果。

(二)添加物：在飼育盆中放置瓦楞紙捲作為隱避場所，同時提供保麗龍屑作為草蛉幼虫之偽裝背負物，可有效減低集體飼育時的自相殘殺，提高存活率。

(三)生命週期：在室溫（25～28℃）下，草蛉卵期約3～5天，幼虫期約9～15天，蛹期約5～8天開始羽化為成虫。自卵至羽化為成虫約需時3～4週。

四、田間應用注意事項

(一)設施內效果優於開放田：草蛉不能捕食諸如蝶蛾類、守瓜類、金龜子類及瓜果實蠅類等體型較大之害虫，故須利用設施加以隔離，將害虫種類單純化為小型害虫。因此，設施之隔離要求要高，除用32目以上之紗網外，門禁尤須嚴謹。出入口之紗網至少要雙層交疊，並隨手迅速關閉，四週近地面之紗網要埋入土中，此嚴密之隔離措施，可有效延緩小型害虫的入侵。

(二)預防重於治療：草蛉之應用首重預防，把握防治時機非常重要，須在作物生長初期害虫尚未發生或剛立足密度尚低時即予處理。寧讓草蛉餓死也不能讓害虫族群坐大，否則必定事倍功半，甚至徒勞無功。

(三)勤於偵測害虫族群消長：要隨時監測害虫之發生及其密度消長，方能適時把握釋放草蛉時機，防範於未然，使草蛉發揮最大效果。

(四)要持續釋放：草蛉幼虫釋放後，可巡走於植物枝條與葉片上找尋害虫加以捕食。若無害虫可獵食則取食花粉、露水或互相殘殺，或者餓死，故需每7～10天釋放1次，方可達到抑制害虫之目的。

(五)施放草蛉幼虫效果優於施放卵：草蛉卵在35℃以上高溫時孵化率銳減，幼虫之耐熱能力較強。

(六)嚴防螞蟻干擾：螞蟻與許多種類的小型害虫有共生關係，會攻擊草蛉的卵與幼虫，故清園工作馬虎不得。

(七)施放於高莖作物的效果優於匍伏性作物。

天敵和害虫之間是一種生態平衡關係，害虫通常無法完全被根絕，必須以一種與虫共存、合理管理的心態對待之。一方面要深入瞭解害虫，包括其生活習性、族群動態等，並時時作調查與監控，把握防治之先機方能奏效。一方面要體認害虫未完全滅絕，殘存的害虫可能使農產品在外觀上有所缺陷，甚至見到虫跡，消費者觀念要能認同。如此，方有利於生物防治的推展，達到環保、安全且健康的永續農業生產目的。

外米綴蛾卵(上)與人工飼料微膠囊(下)比較

如何建立一個良好的 農作資料庫

◎農試所農藝系　魏夢麗、呂椿棠、呂秀英

一、為何要建立農作資料庫

資訊是試驗者制定計畫的必備知識，透過電腦、區域網路甚至國際網際網路進行大量相關資料蒐集及分析的方式，可說是試驗者取得良好資訊的最快速途徑。針對不同農作物必須建立其完備的農作知識與技術，一個完整的農作(耕)資料庫從種子生產、種苗培育、植株生長、以至產量收穫與調配等一系列過程中，舉凡育種試驗、土壤測量、農業記錄、氣候資訊及種原資料等各項農耕及生態資料都應納入系統。以往許多農業試驗成果及生態資料，大都是以文字記錄或圖表描述方式分散於各期刊報告中，而試驗者也多以文件或不同的電腦檔案形式（如試算表、文書處理及統計分析等）予以保存，這些資料（訊）相當繁瑣且零散，也常因軟體版本之一再更新而造成資料的無法讀取及難以整合，同時分散的資料亦常導致遺漏，不利於資料的存取運用。因此如何將這些龐大的農作資料予以適當整理及歸納，使這些資料能有效地被應用並進而連結統計分析以形成資訊系統，首要工作是必須建立一個規劃完善之整合性的農作資料庫。

二、資料庫管理系統的發展及特性

所謂資料庫，就是針對特定目標進行資料的蒐集及組織後將其儲存在電腦內。傳統的資料處理方式常是每個資料庫各自獨立，而各資料庫都是因應不同的需求所設計，此種處理方式在程式設計上比較單純，但也因而衍生了許多困擾和問題，例如相同的資料會重複出現在不同的資料庫，不但造成記憶體空間的大量浪費，若想更新某筆資料就必須同時更正所有包含該資料的資料庫，否則就會造成資料的不一致，因此反而需要花費更多時間、精力和成本來維護資料庫；又由於不同資料庫之間的資料往往有密切關聯，倘資料分散存放於各個不同的資料庫，卻無法予以整合，資料之存取處理便會顯得非常複雜，同時更難保證所查詢到的資料是否完整，而資料的安全性也堪慮。

近幾年來，資訊的應用突飛猛進，為改進以往缺點，做到減少重複、維持資料完整性及資源共享的特性，同時實現安全性限制，而發展出資料庫管理系統（Database Management System，簡稱DBMS）。DBMS的觀念源自於1960年代開始，自1970年起相關的理論才蓬勃發展。DBMS不僅能維護資訊及依需求擷取資訊，更重要的是能對資料庫進行控制及管理。欲達到有效率的管理，

作者：魏助理研究員夢麗
聯絡電話：04-3302301轉129

在建置資料庫之前，應該清楚地決定哪些資料是我們需要記錄的，而哪些是可以被忽略的，它們之間的關係又是如何。這個重要程序稱爲資料模式化（data modeling），藉此產生一個資料模式（data model）。資料模式的設計宗旨是必須將所有訊息予以整合而不分散，對使用者提供有效且完整的資訊。爲了讓使用者可不經深思而很輕鬆地進行資料的查詢擷取，建立資料模式所使用的語言必須精確且簡單：精確的語言模式可避免因使用者之解釋不同而產生誤解，簡單的語言模式易懂且方便傳達聯繫。

從資料庫管理系統的歷史，可依照資料的結構及操作方式，將其加以分類。遠從資料庫之前的檔案(files)起，資料庫的系統模式歷經反轉串列(inverted-list)、階層式資料庫(hierarchy)、網路式資料庫 (network)，逐漸演進至目前最廣泛使用的關聯式資料庫（relational database）。例如時下流行的Sybase的Adaptive Server、Oracle的Universal Server、 Infomix的 Universal Server、Microsoft的SQL Server、Microsoft的Access 97及Visual FoxPro、IBM\DB2等均屬關聯式資料庫管理系統。關聯式資料庫管理系統（簡稱RDBMS）的基本概念爲闡述資料間的關係以關聯式的方式來組織，並且應用程式不應與資料的內部儲存結構有任何相依關係（此即資料獨立的概念－應用程式不依賴於任何一種特定的儲存結構或是存取策略）。在此模式下，應用程式不會因爲將來資料內部結構的修改而有所牽連，而會因應新的儲存結構而做大幅度的改變，因此應用程式的維護較爲簡單。關聯式資料庫的基本結構形式爲：

㈠使用者所看到的都是資料表（table）形式，整個資料庫分成數個資料表來儲存資料，這些資料表稱之爲「關聯資料表」，每個關聯資料表由一筆或多筆記錄（record）所集合而成，而每筆記錄可包含一至多個資料項目（item，相當於資料欄位）。

㈡各資料表之間存在某些限制條件，以維持資料完整性。

㈢使用者可使用的運算如資料新增、刪除、擷取，都是從舊有的資料表中產生新的資料表。

關聯式資料庫雖具有有效整合文數字資料，形成單純的表格及簡易的查詢語言(SQL, 爲一種世界標準的結構查詢語言－structure query language)的能力，但卻無法滿足圖形、影像及多媒體等各項資料型態的需求。最近由於物件導向技術（object-oriented program, 簡稱OOP）的開發，提供解決這項難題。所謂物件導向，是將資料的基本觀念抽象化，視資料處理的對象爲一個物件(object)，並允許使用者自定資料型態，除了文數字型態，包括圖形、程序及函數等都可依附在欄位或變數上，也可定義其他類別，因此豐沛了可用的型態。在資料庫管理系統內所有具備名稱的個體皆可被視爲是一個物件，如資料表、查詢、表單、報表、巨集、模組、視窗、控制按鈕等。根據物件導向程式設計原則所建立的關聯式資料庫，是目前資料庫管理系統的主流。

三、關聯式資料庫管理系統在農業上之應用

利用關聯式資料庫架構建立農業資訊系統的成功例子有：Fox *et al.*（1996）的國際小麥資訊系統(IWIS)，以收集各種不同基因型小麥的基因譜系及雜交育種親緣資料；IRRI(1997)進而將IWIS擴大應用範圍至其他作物以發展出國際作物資訊系統（ICIS）；USDA-ARS的種原資訊網（GRIN）至少儲存450,000種重要經濟作物的分類學資訊及作物表徵等。其中ICIS-IWIS程式是利用SQL編寫程式，透過開放性資料庫連結標準（ODBC）來存取資料，因此可以在多種系統或平台（platform）上作業。

徹底瞭解所有資料之間的同質性與關聯性，是建立高效率資料庫管理系統的重要因素之一。建立一個關聯式農作資料庫之前，必須先將所收集的相關研究資料（訊）加以分類、分析與歸納，然後進行資料模式化，藉由資料模式化決定資料庫的邏輯資料結構（logical data structure）。邏輯係指完成「哪些」(what)工作方面的描述，和建置無關；相對地，實體係指「如何」(how)完成方面的描述，會隨著建置方法之不同而有所改變。RDBMS的邏輯資料結構爲元件實體（entities）、屬性（attributes）及關係（relationship）三者所組成。所謂元件實體就是需要記錄的資訊種類，該種資訊所包含的項目稱爲屬性，不同元件實體之間允許透過關聯屬性來存取檔案內的資料。若以資料的表格形式而言，必須針對不同的元件實體建立其各自的資料表，屬性便決定了表內的欄位種類及型態，各表之間的聯繫則靠關聯屬性來做爲橋樑。現就一個簡單的資料關聯圖，說明關聯性農作資料庫之邏輯資料結構的建立步驟：

㈠農作資料之產生通常來自於試驗研究的成果，因此可以先定義一個元件實體－「試驗」，例如圖一(a)所示之方塊圖，該方塊圖的名稱爲試驗。

㈡然後決定試驗內應該包含哪些屬性項目，例如圖一(b)中的試驗元件的屬性有名稱、假設、目的及描述等。

㈢由於大部份的農業試驗爲因子試驗，試驗的方法及設計也很重要，因此有必要加入另一個元件實體，其名稱定義爲「因子」。「因子」的屬性可能有名稱或描述等。以名稱屬性爲例，其欄位中輸入的資料可能有氮肥、品種等。「試驗」與「因子」兩個元件實體之間彼此的關係，是透過名稱這個關聯屬性來互相連結，一般以方塊圖間的連線來表達，稱爲關聯線，如圖一(c)所示；關係也可以用一個名稱來定義。建立資料連結的關聯屬性，可以一對一、一對多或多對多的關係。如圖一(c)所示，由於一個試驗可能是沒有、僅有單一或含多個處理因子，因此「試驗－因子」關係爲一對多的關聯性，因此連接到「因子」元件實體的關聯線端通常以分叉線來表示，意謂著該元件實體被關聯到的資料情況可能不只一種。

㈣當元件實體及其所含屬性愈來愈多且相互關係變得複雜時，爲加速查詢及其他相關之運算速度，必須在每一個元件實體內選擇其中一個或一個以上的屬性定義爲屬性索引（attribute identifier），如圖一(d)所示之下有橫線標記的屬性。此索引必須是唯一（unique）不可重複的，例如「因子」的屬性－名稱，被設定爲索引，則在因子資料表中的名稱欄位內所輸入的資料絕不可能有重複值。但有時候，資料表內沒有任何單一欄位所儲存的資料是絕對唯一，

此時可以創造出一個新的欄位，武斷地輸入一些編號，或由多個欄位所組成的運算式創造出絕對唯一的組合值，來做為索引，例如圖一(d)中「試驗」的試驗代號。這個試驗代號的索引碼可以由人為指定，或由電腦根據編碼原則自動產生。使用任何資料庫管理應用程式，一旦設定了索引欄位，鍵入資料時應用程式會拒絕主索引欄重複值之輸入，以確保資料之唯一性，記錄也會依照索引而排列。關係也可以建立索引（relationship identifier），如圖中連線上的十字記號。由圖中顯示，只要記得各試驗的索引碼就可以快速查詢到試驗的名稱、假設、目的、描述及因子，同時只要從因子的試驗和名稱即可知道有關因子方面的描述。

㈤當然，農作資料庫所包含的元件實體當不止於此，例如，若還考慮到試驗的來源，則可以進而加入更多的元件實體，比如「試驗者」（其屬性為參與性質，輸入記錄可能為主持人、研究人員、技術人員、學生或其他）、「人事通訊資料」（其屬性有身份證字號、姓名、所屬單位、聯絡地址、聯絡電話、電子郵件等）等，如圖一(e)所示，而這也不過是農作資料庫之資料模式的一小部份而已。

四、本土性農作資料庫的建置方向

一個完整的農作資料庫之資料模式應該包含哪些內容？倘若融合作物栽培、生理、植物營養、病蟲害、試驗統計、雜草管理及農業微氣象等資訊，一個農作資料模式所包含的元件實體至少可區分為五大類別：

㈠試驗—該類元件實體通常為農作試驗上比較熟悉的相關事物，比如上述所提的「試驗」、「試驗者」、「人事通訊資料」、「因子」，除此，從「因子」還可以聯結到「因子變級」、「試驗單位」、「試驗設計方法」等。

㈡測量物件—這類的元件實體有「物件」（處理、田間管理及測量的對象是何種作物、植物、動物或土地？）、「地點」（試驗執行的地點，但最好含有地理資訊系統的空間資料）等。

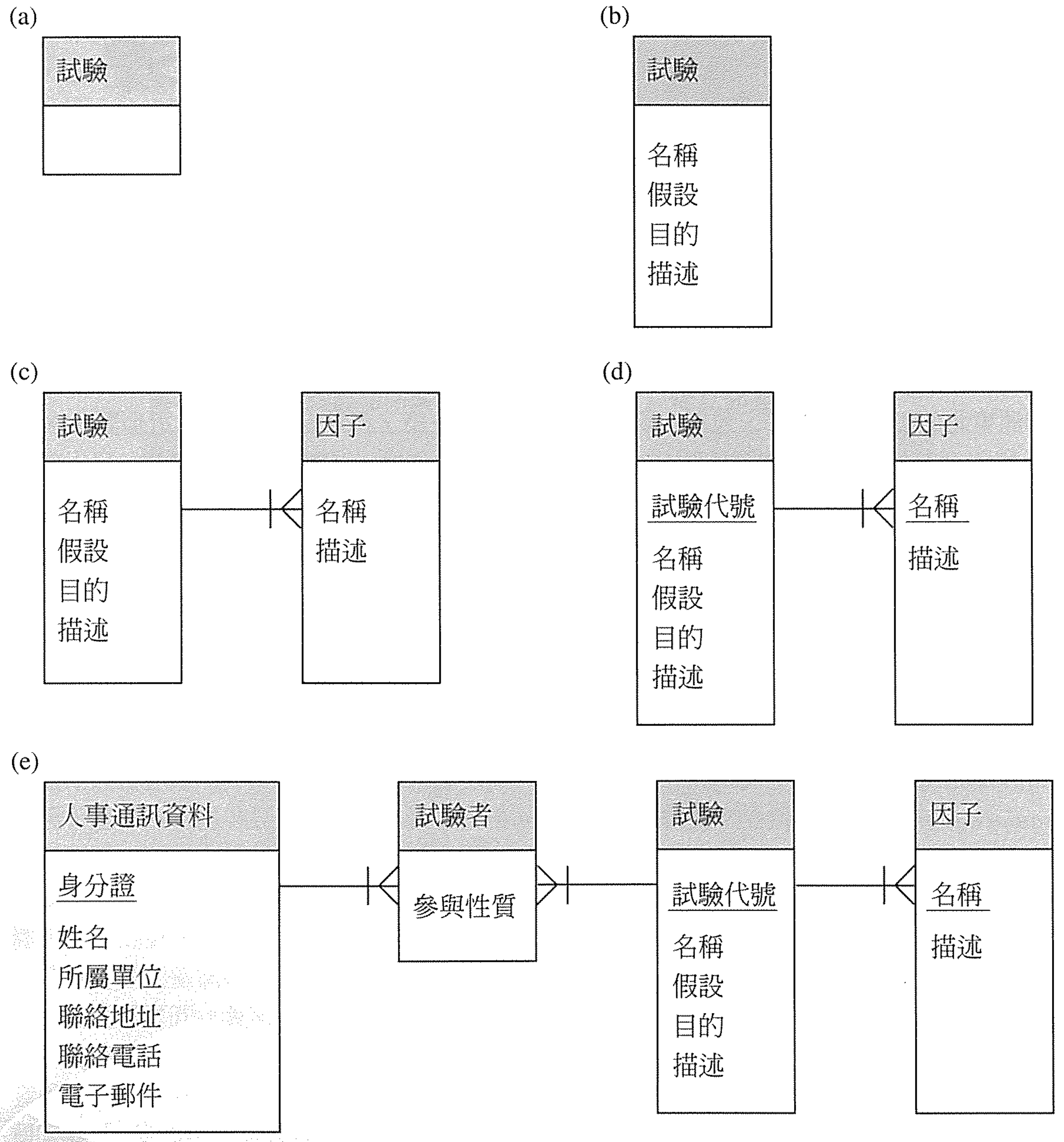
㈢測量協定與設施—這類的元件實體主要是在描述如何進行測量，像是「測量技術」、「測量設施」及其他可以確保資料品質的任何測量措施。

㈣測量—這類的元件實體是記錄在測量物件上測量些什麼（what）、測量哪裡（where）、何時測量（when）、如何測量（how）、測量多少（how much）之相關資訊。

㈤田間操作—有關耕犛、種植、施肥、病蟲害防治、灌溉、收穫等各種資訊。

近年來國內精準農業體系（precision farming system）正積極研發和建置中，精準農業為一融合農耕知識及多種應用技術組成之農作物經營管理體系，更必須即時且確實掌握資訊，藉由完整資料庫進行模擬及擬定決策，期獲致最佳之收益與環境保育、確保農業之永續經營。而農作資料庫之建置，實為精準農業作業系統重要的環節。在精準農業體系下，一個良好的本土性農作資料庫除了應包含上述五大類的元件實體和關係群外，有關處理環境變異（如逆境與災害等）之因應管理對策亦應廣泛納入資料庫，同時整合土壤肥力資料庫，配合地理資訊系統、全球衛星定位系統、遙測應用系統、自動化

全球衛星定位系統、遙測應用系統、自動化農機操作系統等之運作，共同發展成決策支援系統，以為農業制定策略之重要資訊。



圖一、以資料關聯圖說明如何建立農作資料庫的邏輯資料架構：(a)定義元件實體的名稱，(b)決定元件實體內的屬性，(c)加入另一元件實體，並確立其間的關係，(d)建立索引，(e)加入更多的元件實體及關係群(圖中僅是農作資料庫之資料模式的一小部分)。

豇 豆 遺傳資源

◎農試所園藝系 楊偉正 蕭吉雄

一、前 言

豇豆(Asparagus bean) 學名(*Vigna unguiculata* W. ssp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.)，爲一年生草本植物，染色體2n=2x=22，原產非洲東北部和亞洲中南部，包括中國、東南亞和印度等地，Yerdcourt氏認爲*Vigna unguiculata*有5個亞種，其中spp. *dikinditiana*是非洲熱帶草原區和埃塞俄比亞的野生種。spp. *mensensis*爲非洲森林區野生種。普通豇豆(spp. *unguiculata* W., syn. *V. sinensis*)是由spp. *dekinditana*在非洲馴化而成。約在公元前1,000傳入亞洲，並演化出角豆(spp. *cylindrica*, syn. *V. catjang*)和長豇豆(spp. *sesquipedalis*, syn. *V. sinensis* var. *sesquipedalis*), 這兩個亞種從印度傳到中國、再傳入歐洲。目前台灣栽培面積約1,600公頃，主要栽培地區爲屏東縣、高雄縣和彰化縣等地。

二、植物性狀

豇豆主根發達，長達80公分左右，根的再生能力弱，根瘤菌稀少，固氮能力較差，莖蔓綠色，有些品種在莖蔓的附近有紫紅色的花斑紋，莖節上長葉和花序，依植株生長習性可分爲矮性、半蔓性和蔓性三種類型，矮性種莖蔓直立，花芽頂生；半蔓性種和蔓性種莖蔓生長旺盛，花芽側生，呈左旋性攀緣。種子發芽後子葉出土，初生子葉二枚，單葉對生，以後爲三出複葉。花屬蝶形花，總狀花序，每序花有4-6朵，近似對生，自花授粉作物，花從夜間開始開放，日出前盛開，午時以後關閉，雌蕊授粉、受精後，子房開始伸長，至5公分時，花冠即脫落，子房逐漸發育成果莢，莢果成對。

三、生長習性

豇豆屬耐熱性蔬菜，生育適溫25-35℃，對日照長短反應可分爲二類，一類對日照長短要求不嚴格，在長日照或短日照下都可正常生長，一般長豇豆多屬這一類型，另一類對日照長短要求比較嚴格，適合在短日照季節栽培，如在長日照下栽培，則莖蔓徒長，延遲開花和結莢，豇豆耐旱性較強，土壤水份過多，不利根系和根瘤菌活動，容易引起根部病害和落花、落莢。豇豆類型依植株型態別區分，可分爲矮性、半蔓性和蔓性；依果莢形狀別區分，可分爲圓形、扁形和盤曲；依果莢長短別區分，可分爲長條(莢長60公分以上)、中長條(莢長30-60公分)、短條(莢長30公分以下)；果莢顏色區分，可分爲綠莢品種群、淺綠莢品種群、綠白莢品種群、紫莢品種群、花皮莢品種群和盤曲條莢群。

作者：楊副研究員偉正
聯絡電話：(04)3302301轉328

四、遺傳資源

Marechal等人(1978)將*Vigna*屬分爲7個亞屬含81種，*Vigna*亞屬爲最大的一屬，包括目前栽培最多的栽培種如*Vigna sinesis* (英名 cowpea，中名豇豆)，*Vigna unguiculata* (英名 asparagus bean，中名長豇豆)，*Vigna catjang* (英名 catjang，中名角豆)。國際熱帶農業所 (International Institute of Tropical Agriculture, 簡稱IITA) 於1970年開始進行豇豆種原收集，評估和利用，當時所收集的種原包括有地方栽培種、野生種、自交品系和育種材料等共有7,200個種原，經過繁殖、餘失和精減後，共得5,000個種原供作豇豆品種改良和育種親本，1975年IITA仍繼續進行豇豆種原的收集(包括栽培種和野生種)、繁殖和建立種原資料庫，同時也進行豇豆抗病性和抗蟲性篩選，截至1989年，IITA共收集豇豆栽培種種原15,200種和豇豆野生種種原923種，國際熱帶農業所所收集到的豇豆種原其地理分佈情形詳列於表一。農業試驗所國家作物種原中心共收集1,053個豇豆品種，其中969個品種係由國立中興大學張武男教授從美國國家種原庫引進，農友種苗股份有限公司提供33個品種，農業試驗所園藝系由大陸引進地方品種和收集國內地方品種共51個品種。園藝系先後完成337個豇豆品種園藝性狀調查和記載，這些品種若依植株型態別區分，屬蔓性有89個品種，屬半蔓性有127個品種，屬矮性有121個品種；若依果莢形狀別區分，屬圓形者有298個品種，屬扁形者有39個品種；若依果莢長短別區分，果長超過60公分者有11個品種，果長在30-60公分之間者有65個品種，果長在30公分以下者有261個品種；若依果莢顏色別區分，果莢爲淺綠色者有57個品種，果莢爲綠色者有194個品種，果莢爲濃綠色者有52個品種，果莢爲紫色者有31個品種，果莢爲花色者有3個品種。

表一、國際熱帶農業所所收集到的豇豆栽培品種其地理分佈情形

Region	No. of accessions
Central and Western Africa	6,946
Eastern and Southern Africa	2,517
North Africa	348
Asia	2,456
America	1,256
Europe	401
Australia	23
Unknown	623
Ex-mix	630
Total	15,200

引自Cowpea Genetic Resources, 1990。

五、豇豆抗病蟲種原及其遺傳基因

豇豆的抗病蟲性是一種可遺傳的特性，豇豆品種具有抗病蟲性時，就可減輕或減少在種植時，受到病原菌或害蟲感染所造成生產上的損失。本省豇豆病蟲害有病毒病、煤黴病、白粉病、立枯病、萎凋病、銹病、濕腐病等病害；蟲害有玉米螟、番茄夜蛾、潛蠅、葉蟎、薊馬、豆蚜等蟲害。病原菌的發生，是否會爲害作物，除與作物本身的抗感性有莫大的關係外，尙與栽培環境息息相關，這就是所謂的疾病三角形(plant disease triangle)。也就是說，病源菌、寄主植物和栽培環境三者如缺一，則不能發生病害，然而抗病品種則是在任何栽培環境下或有病原菌存在時，均不受病原菌感染，或受到病原菌感染後，即可迅速恢復其再生能力，而不會影響產量和生長勢。豇豆抗病育種係藉由雜交或回交，將抗病基因轉移以育成。豇豆之抗蟲性表現及穩定係受作物基因型、害蟲基因型和昆蟲所在環境交互作用影響，豇豆抗蟲育種係利用作物之防衛性進行抗蟲性品種改良。因此在進行豇豆抗病蟲育種時，應需了解豇豆抗病蟲之遺傳性、抗病蟲品種之篩選及抗病蟲種原之利用等，茲將豇豆之抗病種原、抗病性遺傳基因和抗蟲種原分別於表二、表三列出，以供豇豆抗病蟲害育種者參考。

表二、豇豆之抗病種原及其遺傳基因

Diseases	Pathogens	Sources of resistance	Genetic
Anthranose	*Collectotrichum Lindemuthianum*	New Era, VITA 3, Prima	Single dominant Gene
Scab	*Sphaceloma* spp.	VITA 4	-----
Powdery mildew	*Erysiple polygoni*	Tanzania	Single recessive gene
Cercospora leaf Spot	*Pseudocercospora Cruenta*	New Era, Lalita, CR-17-1-34, Ala. 963.8	Two separate genes, Single dominant gene
Phytophthora stem Rot	*Phytophthora vignae*	Tvu 3861, K4 235	-----
Web Blight	*Rhizoctonia solani*	VITA 1 (partial resistance)	-----
Ascochyta Blight	*Ascochyta phaseolorum*	Flori cream, V-44 (partial resistance)	-----
Bacterial Blight (Bacterial canker)	*Xanthomonas campestris pv. Vigmicola*	Iron, P 309, P 426, P 910	A single domi-nant or a single recessive gene
Fusarium wilt	*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasonfectum*	Iron	A single domi-nant gene
Cucumber mosaic Virus	Virus	PI 186465	A single domi-nant gene
Cowpea chlorotic Mottle mosaic Virus	Virus	PI 255811	A single recessive gene
Cowpea severe Mosaic virus	Virus	Macaibo, FP 7733-2	-----
Cowpea aphidborne Mosaic virus	Virus	TVu 2480, TVu 410	A single recessive gene or one par-tially domi-nant gene
Blackeye cowpea Mosiac virus	Virus	TVu 2480, Nong-fa 79	A single domi-nant gene
Cowpea yellow Mosaic virus	Virus	Alabunch, Arlington	A single domi-nant gene
Southern Bean Mosaic virus	Virus	Early Pinkeye, Iron, PI 186465	A single domi-nant gene

表三、豇豆之抗蟲種原

Common name	Scientific name	Sources of resistance
Leafhoppers	*Empoasa* spp	TVu 59, TVu 123, TVu 1190, VITA 3
Thrips	*Megalurothrips sjostedti*	TVu 1509, TVu 946, ER-1, ER-7
Cowpea storage Weevil	*Callosobruchus maculatus*	TVu 2017, TVu 11952, TVu 11953
Aphids	*Acyrthosiphon gossypii*	TVu 408, TVu 410, Ife Brown

六、豇豆重要性狀遺傳基因及其所控制的園藝性狀

豇豆的園藝性狀可經由遺傳基因傳遞到子代，因此，進行作物品種改良，首先必需了解控制性狀的遺傳行為，如該性狀係少數對主效基因控制或多數對微效基因控制，細胞質控制或細胞核控制，量的遺傳或質的遺傳，顯性基因或隱性基因等均需詳加了解，依其各種控制基因的形式，採用適宜方法，進行品種改良。茲將豇豆重要性狀遺傳基因及其所控制的重要園藝性狀詳列於表四。

表四、豇豆重要性狀遺傳基因及其所控制的重要園藝性狀

基因符號	園藝性狀
bcm	具黑眼豇豆嵌紋病毒抗性。
Cls-1, Cls-2	具煤黴病抗性。
E_{11}, E_{12}	早開花顯性基因。
Ef-1,Ef-2	早開花顯性基因。
Gnp	綠色莢果。
Ms ms	為雄不稔性。
mvs	具CMV病毒抗性。
N	種皮淡黃色，*M*栗色，*N+M*呈褐色。
p^g	果莢為紫莢綠色中縫。
P^b	種子黑色。
P^p	莢果紫色。
p^t	果莢為綠莢紫尖。
p^v	果莢為綠莢紫色中縫。
R	種皮色澤基因，*R*紅色，*rr*白色，*R+BB*黑色，*R+Bb*斑點。
RDL	深紫色花。
RDl	深紫色花。
RdL	淺藍色花。
rdl	白色花。
Vi-1,Vi-2,Vi-3	互補基因，控制植株生長習性。
Ymr	具抗CPMV病毒。

豇豆 種原品種

圖一、豇豆種原之一(CITI-84-002)

圖三、豇豆種原之三(花皮品種)

圖二、豇豆種原之二(角豆 Vigna catiang)

圖三、豇豆白皮品系(農試577品系)